

BAB 5

GAMBARAN UMUM

PT PUPUK KUJANG CIKAMPEK

5.1 Profil Perusahaan

5.1.1 Sejarah singkat

Di tahun enam puluhan, pemerintah mencanangkan program peningkatan produksi pertanian dalam usaha swasembada pangan. Demi suksesnya program pemerintah ini maka kebutuhan akan pupuk mutlak harus dipenuhi mengingat produksi PT PUSRI waktu itu diperkirakan tidak akan mencukupi. Menyusul ditemukannya beberapa sumber gas alam dibagian utara Jawa barat, yaitu Jatibarang – Indramayu dan di lepas pantai Cilamaya – Karawang sehingga timbul gagasan untuk membangun pabrik urea di Jawa Barat.

Pada tanggal 9 Juni 1975 dengan Akta Notaris Sulaeman Ardjasmita, SH No. 19 Tahun 1975 lahirlah PT. Pupuk Kujang (persero), sebuah Badan Usaha Milik Negara (BUMN) dibawah tanggung jawab Departemen Perindustrian yang bertugas untuk membangun pabrik pupuk urea di desa Dawuan, Cikampek, Jawa Barat.

Bulan Juli 1976, pembangunan pabrik mulai dilakukan dengan kontraktor utama *Kellogg Overseas Corporation (USA)* dan *Toyo Engineering Corp.* (Jepang) sebagai kontraktor pabrik urea. Pengembangan berjalan lancar sehingga pada tanggal 7 November 1978 pabrik sudah mulai berproduksi dengan kapasitas 570.000 ton/tahun dan ini terjadi 3 (tiga) bulan lebih awal dari jadwal yang telah ditentukan. Urea ini dipasarkan dalam bentuk butiran dan dalam bentuk larutan kurang lebih 50%. Untuk pabrik amonia, kapasitasnya adalah 330.000 MT (metrik ton) amonia cair per tahun. Sebagian besar amonia digunakan sebagai bahan baku pabrik urea, sedangkan kelebihananya dijual dalam bentuk amonia cair. Pada tanggal 12 Desember 1978, Presiden RI, Soeharto, berkenan meresmikan pembukaan pabrik dan pada tanggal 1 April 1979, PT Pupuk Kujang mulai beroperasi dengan tujuan komersial.

Sejalan dengan perkembangan PT. Pupuk Kujang berupaya meningkatkan kemampuan dalam memasok kebutuhan pupuk di Jawa barat, maka pada tahun

2002 dibangunlah pabrik Kujang 1-B yang merupakan kelanjutan program pemerintah dalam pemulihan ekonomi jangka menengah dari jangka panjang, pelaksanaan peresmian tiang pancang pertama oleh Presiden RI Megawati Soekarno Putri pada 3 Juli 2002.



Gambar 5.1 Pabrik PT Pupuk Kujang

Sumber : PT Pupuk Kujang Cikampek

Kontraktor utama pembangunan pabrik Kujang 1-B oleh *Toyo Engineering Corporation* (TEC) Jepang dan Sub kontraktor dalam negeri *joint operation* antara PT. Rekayasa Industri dengan PT. IKPT. Pada tanggal 3 April 2006, Presiden RI Susilo Bambang Yudhoyono meresmikan pembukaan pabrik. Dengan mulai beroperasinya pabrik kujang 1-B, maka kapasitas pabrik PT Pupuk Kujang menjadi 1.140.000 ton/tahun.

5.1.2 Visi, misi dan tujuan perusahaan

5.1.2.1 Visi Perusahaan

“Menjadi perusahaan pupuk dan petrokimia yang efisien dan kompetitif di pasar global”

5.1.2.2 Misi Perusahaan

PT Pupuk Kujang memiliki misi untuk memberikan kontribusi kepada pembangunan atau pertumbuhan ekonomi nasional demi kemakmuran serta kesejahteraan masyarakat melalui perkembangan industri kimia berbasis

sumber daya alam yang ramah lingkungan dengan melaksanakan etika bisnis yang konsisten.

5.1.2.3 Tujuan Perusahaan

Maksud dan tujuan PT Pupuk Kujang sebagaimana tertera dalam PP no. 3 tahun 1983 tentang penugasan negara pada BUMN, yaitu selain sebagai agen pembangunan juga merupakan unit penghasil laba untuk memberikan sumbangan pada pemerintah negara. Secara rinci, maksud dan tujuan PT Pupuk Kujang yang terdapat pada akte pendirian perusahaan No.19/1975, yaitu:

- a. Mengolah bahan mentah tertentu menjadi bahan pokok yang diperlukan dalam pembuatan pupuk.
- b. Melaksanakan pemberian jasa studi penelitian, pengembangan, *engineering*, pergudangan, angkutan dan ekspedisi, pengoperasian pabrik, konstruksi, manajemen, pemeliharaan dan diklat, dan lain-lain.
- c. Menyelenggarakan kegiatan distribusi dan perdagangan baik dalam negeri maupun luar negeri.

5.1.3 Keorganisasian

5.1.3.1 Struktur organisasi

Perusahaan ini memiliki struktur organisasi lini dan staf. Struktur organisasi di PT Pupuk Kujang secara garis besar sesuai dengan SK Direksi No. 014/SK/DU/X/2004 tanggal 18 Oktober 2005 terdiri dari :

1. Dewan Direksi
2. Kepala Kompartemen
3. Kepala Divisi atau Biro
4. Kepala Bagian atau Dinas
5. Kepala Seksi atau Bidang

Dewan Direksi dipimpin oleh Direktur Utama yang dibantu oleh empat orang direktur yang terdiri dari :

1. Direktur Produksi
2. Direktur Teknik dan Pengembangan

3. Direktur Keuangan dan Komersil
4. Direktur Umum dan Sumber Daya Manusia

Dewan Direksi ini bertanggung jawab kepada pemegang saham melalui Menteri BUMN, Departemen Pertanian, Departemen Keuangan, Departemen Perindustrian dan Perdagangan. Tiap direktur membawahi kompartemen sesuai dengan bidangnya, contohnya Direktur Produksi membawahi Kompartemen Produksi, Direktur Teknik dan Pengembangan membawahi Kompartemen Teknik dan Pelayanan Jasa, begitu seterusnya. Kompartemen terdiri dari unit-unit kerja yang bertugas sebagai pelaksana. Unit kerja yang menangani operasional disebut divisi, sedangkan unit kerja pelayanan (*services*) disebut biro (bagan Struktur Organisasi terlampir).

5.1.3.2 Kepegawaian

a. Komposisi dan jumlah karyawan

Jumlah karyawan PT Pupuk Kujang adalah sebanyak 1166 orang dengan rekapitulasi kekuatan karyawan pada bulan Januari 2009 (data lengkap terlampir) sebagai berikut:

➤ Berdasarkan Status / Lokasi Kantor

Tabel 5.1 Komposisi dan Jumlah Karyawan Berdasarkan Lokasi Kantor

Lokasi Kantor	Tetap	Ikatan Kerja	Honorer	Jumlah
Pupuk Kujang Cikampek	945	168	13	1126
Karyawan Alih Tugas	22	0	0	22
Pupuk Kujang Jakarta	16	2	0	18
Jumlah	983	170	13	1166

Sumber: Biro SDM PT Pupuk Kujang Cikampek (Januari 2009)

➤ Berdasarkan Tingkat Pendidikan

Tabel 5.2 Komposisi dan Jumlah Karyawan Berdasarkan Tingkat Pendidikan

Pendidikan	Jumlah
Pasca Sarjana	41
Sarjana	187
Sarjana Muda	131
SLTA	769
SLTP	21
SD	17
Total	1166

Sumber: Biro SDM PT Pupuk Kujang Cikampek
(Januari 2009)

➤ Berdasarkan Usia

Tabel 5.3 Komposisi dan Jumlah Karyawan Berdasarkan Usia

Usia	Jumlah
18 tahun s/d 24 tahun	227
25 tahun s/d 29 tahun	222
30 tahun s/d 34 tahun	67
35 tahun s/d 39 tahun	65
40 tahun s/d 44 tahun	99
45 tahun s/d 49 tahun	169
>51 tahun	317
Total	1166

Sumber: Biro SDM PT Pupuk Kujang Cikampek
(Januari 2009)

b. Jam Kerja

Jam kerja pada PT. Pupuk Kujang telah disesuaikan dengan peraturan perundang – undangan, yaitu 40 (empat puluh) jam per minggu, dengan pengaturan sebagai berikut:

1. Jam kerja regular

Karyawan ini melaksanakan pekerjaannya hanya pada jam kerja normal dari hari senin sampai dengan jumat dengan jam kerja:

- a. Senin s.d Kamis pukul 07.00 – 16.00, istirahat 11.30 – 12.30
- b. Jumat pukul 07.00 s.d 16.30, istirahat 11.30 – 13.00
- c. Sabtu dan Minggu serta hari besar, libur.

2. Jam kerja *shift*

Jam kerja *shift* berlaku bagi karyawan yang langsung terlibat dalam kegiatan produksi dan pengamanan. Jam kerja *shift* dapat diatur sebagai berikut:

- a. Jam kerja *shift* I (pagi) : pukul 07.00 – 15.00
- b. Jam kerja *shift* II (sore) : pukul 15.00 – 23.00
- c. Jam kerja *shift* III (malam) : pukul 23.00 – 07.00

Karyawan yang ditugaskan bekerja *shift* dibagi menjadi empat grup *shift* yaitu A, B, C, dan D dan mendapat libur mingguan selama 2 (dua) atau 3 (tiga) hari setelah menjalani 7 (tujuh) hari kerja *shift*.

Turn around (TA) yaitu perhentian produksi untuk perbaikan alat dan pemeriksaan seluruh alat yang dilakukan 18 bulan sekali atau minimal setahun sekali. Satu kali *Turn Around* membutuhkan waktu kurang lebih 3 minggu (*prill to prill*), sehingga pada praktiknya pabrik hanya bekerja selama 330 hari per tahun.

5.2 Profil Pabrik Kujang 1-A dan 1-B

5.2.1 Pabrik Kujang 1-A

Kapasitas Produksi	: Urea 570.000 ton/tahun Amonia 330.000 ton/tahun
Bahan Baku	: Gas alam, Air dan Udara
Konstruksi	: Tahun 1976 - 1978 Kontraktor Utama: Kellogg Overseas Corporation sebagai lisensor proses amonia Sub Kontraktor: Toyo Engineering Corporation sebagai lisensor proses urea.
Produksi perdana	: 7 November 1978
Peresmian pabrik	: 12 Desember 1978
Produksi Komersil	: 1 April 1979
Sumber Dana	: Pinjaman sebesar US\$200 juta dari Pemerintah Iran, yang telah dilunasi pada tahun 1989 Penyertaan sebesar US\$ 60 juta berupa Penyertaan modal pemerintah

5.2.2 Pabrik Kujang 1-B

Kapasitas produksi	: 570.000 ton/tahun Amonia 330.000 ton/tahun
Bahan Baku	: Gas Alam, Air dan Udara
Konstruksi	: Tahun 2002-2005 Kontraktor Utama: Toyo Engineering Corporation (TEC) Japan. Sub kontraktor: PT. Rekayasa Industri dan PT. Inti Karya Persada Teknik (IKPT)
Produksi Perdana	: 24 Oktober 2005
Peresmian	: 3 April 2006
Sumber Dana	: Pinjaman sebesar ¥ 36.168.230.256 atau sekitar Rp. 2,8 Trilyun dari Pemerintah Jepang melalui JBIC

BAB 6

HASIL DAN PEMBAHASAN

6.1 Gambaran PGRU (*Purge Gas Recovery Unit*) Pabrik Kujang I-A

Purge gas merupakan gas buang yang dikeluarkan dari sintesa amonia yang sebagian besar mengandung gas hidrogen. Untuk memaksimalkan perolehan kembali amonia dan gas hidrogen, maka PT Pupuk Kujang Cikampek membangun PGRU (*Purge Gas Recovery Unit*) dengan menggunakan teknologi membran separator, yaitu teknologi yang memanfaatkan perbedaan kecepatan difusi gas terhadap membran semipermeabel.

Sistem pemisahan gas ini terdiri atas tiga bagian utama, yaitu tahap *pretreatment* yang merupakan tahap penyerapan amonia, tahap *post treatment* yang merupakan tahap pemurnian amonia dan tahap pemisahan gas hidrogen dari gas bebas amonia dengan menggunakan membran semipermeabel (*prism separator*). *Prism separator* terdiri atas tiga tingkat pemisahan, yaitu:

- a. Pemisah tingkat pertama, terdiri dari dua buah separator yang dipasang seri.
- b. Pemisah tingkat kedua, terdiri dari tujuh buah separator yang dipasang seri.
- c. Pemisah tingkat ketiga, terdiri dari dua buah separator yang dipasang paralel.

Tahap *pretreatment*, amonia yang terkandung dalam *purge gas* sebanyak 1,5-2% mol diserap dengan air hingga kadar tekanan meningkat menjadi 120 kg/cm². Penyerap yang digunakan adalah *randement* dengan laju 400 kg/jam, sehingga dari dasar menara didapatkan larutan amonia dengan kadar 20 – 30 % yang dikirim ke sistem penyulingan (tahap *post treatment*). Sedangkan gas bebas amonia yang keluar dari puncak menara diumpankan ke bagian *prism separator* dengan pemanasan hingga 35°C untuk menghindari terjadinya pengembunan sisa uap air dalam *prism separator*.

Tahap *post treatment*, amonia yang berasal dari dasar menara pada *pretreatment* di suling atau dimurnikan pada tekanan 17 kg/cm². Hasil sulingan berupa amonia cair sebanyak 250 kg/jam dikirim ke tanki penyimpanan amonia.

Kondensat cairan (207°C) yang berasal dari dasar menara dimanfaatkan panasnya untuk memanaskan umpan larutan amonia dari *pretreatment* sebelum akhirnya dikembalikan ke pabrik amonia.

Prism separator, gas bebas amonia sebanyak 10.000 NM³/jam yang mengandung 61% hidrogen dikirim ke *prism separator* untuk memisahkan gas hidrogen. Sebagaimana telah disebutkan diawal, *prism separator* terdiri atas tiga tingkat pemisah, tingkat pertama memisahkan gas hidrogen untuk diumpankan ke pemisah tingkat kedua dan ketiga. Hasil dari bagian atas pemisah tingkat pertama yang masuk ke pemisah tingkat kedua menghasilkan gas hidrogen dengan kemurnian 90% dan dikembalikan ke daur sintesa pada tekanan 65 kg/cm². Hasil dari bagian bawah pemisah tingkat pertama yang masuk ke pemisah tingkat ketiga dirancang untuk memperoleh gas hidrogen dengan kemurnian sangat tinggi (98%) yang selanjutnya dipakai untuk pembuatan hidrogen peroksida. Gas yang keluar dari puncak pemisah tingkat ketiga mengandung gas hidrogen dengan kemurnian 85% dikembalikan ke daur sintesa pada tekanan 26 kg/cm².

Tabel 6.1 Spesifikasi Alat PGRU K-IA

Jenis	<i>Vessel</i>	
Posisi	Vertikal	
Ukuran	- Diameter	0,325 m
	- Tebal <i>shell</i>	40,5 mm
	- Tebal <i>head</i>	48 mm
Temperatur	- Disain	13 °C
	- Operasi	13 °C
Tekanan	- Disain	153,6 kg/cm ²
	- Operasi	140,7 kg/cm ²
Fungsi	Pemisahan amonia dan penyerapan hidrogen dari <i>purge gas</i>	

Sumber : Biro Rancang Bangun PT Pupuk Kujang Cikampek (2009)

6.2 Pemilihan Pipa Gas Hidrogen

Pipa gas hidrogen yang dijadikan obyek dalam penelitian ini adalah pipa yang terhubung dengan bagian HP (*High Pressure*) *case compressor* (selanjutnya disebut pipa A). Pertimbangan utama pemilihan ini adalah pada besarnya tekanan yang terdapat dalam pipa. Pertimbangan lainnya adalah pada keterhubungan atau koneksi pipa dengan sumber lain. Ujung pipa A terhubung langsung dengan kompresor, tanpa adanya pembatas (contohnya katup), sedangkan ujung pipa C yang terhubung dengan PT. Peroksida Indonesia Pratama (PT PIP) harus melalui katup (*closed-off*).

Tabel 6.2 Perbandingan Kemurnian, Tekanan dan Temperatur Gas Hidrogen pada PGRU K-IA

Pipa*	PGRU K-IA		
	Kemurnian (%)	Tekanan (kg/cm ²)	Temperatur (°C)
A	92,11	65	39
B	85	26	34
C	97,34	5,5	38

- *) A : Pipa yang terhubung ke bagian HP *case compressor*
 B : Pipa yang terhubung ke bagian LP *case compressor*
 C : Pipa yang terhubung ke PT. Peroksida Indonesia Pratama (PT PIP)



Gambar 6.1 Letak Pipa Gas Hidrogen dari PGRU (*purge gas recovery unit*)
(diolah kembali)

Sumber : www.googleearth.com (16 Juni 2009)

6.3 Hazard and Operability (HAZOP) Analysis pada Pipa A

Tabel 6.3 Analisis HAZOP pada Pipa A

Alat	Fungsi	Parameter	Guide word	Konsekuensi	Penyebab (cause)	Hazard	Risiko	Rekomendasi
Pipa	Distribusi gas H ₂ ke HP <i>case compressor</i>	<i>Flow</i>	<i>No</i>	Kegagalan sistem, kerusakan pada pipa, kehilangan gas dalam pipa (pelepasan gas), suplai gas ke HP <i>compressor</i> terhenti	Pipa pecah, pipa bocor	Kerusakan pipa, HP <i>case compressor</i> rusak	2B	<i>Maintenance</i> program pada pipa dan <i>control valve</i> Segera matikan HP <i>compressor</i>

				<i>overpressure</i> dari hulu <i>block valve</i> karena ekspansi gas	<i>Block valve</i> atau <i>control valve</i> tertutup	Kerusakan pipa, HP <i>case compressor</i> rusak	2B	Menyediakan <i>low flow alarm</i> , Segera matikan HP <i>compressor</i>
			<i>More</i>	Peningkatan tekanan yang mengakibatkan pecahnya pipa	Kegagalan <i>relief valve (control valve)</i>	Kerusakan pipa, HP <i>case compressor</i> rusak	2B	Menyediakan <i>high flow alarm</i> , Segera matikan HP <i>compressor</i> , <i>Maintenance</i> program pada <i>control valve</i> .
			<i>Less</i>	Kekurangan gas untuk proses produksi	Kebocoran pipa	Kerusakan pipa, HP <i>case compressor</i> rusak	2B	Menyediakan <i>low flow alarm</i> , Segera matikan HP <i>compressor</i>
		Tekanan	<i>No</i>	<i>Flow</i> menurun, proses produksi terganggu, kegagalan sistem	<i>control valve</i> tidak berfungsi, kebocoran pipa, pipa pecah	Kerusakan pipa, HP <i>case compressor</i> rusak	2B	Menyediakan <i>low pressure alarm</i> , Segera matikan HP <i>compressor</i> , <i>Maintenance</i> program pada <i>control valve</i>
			<i>More</i>	Pipa pecah karena <i>Overpressure</i>	Terpajan api, <i>Control valve</i> tidak berfungsi	Kerusakan pipa HP <i>case compressor</i> rusak	2B	Membuat peraturan dilarang menyulut api, Segera matikan HP <i>compressor</i> , <i>Maintenance</i> program pada <i>control valve</i> ,

							Menyediakan <i>high pressure alarm</i> .
		<i>Less</i>	Flow menurun, proses produksi terganggu, kegagalan sistem	<i>control valve</i> tidak berfungsi, kebocoran pipa	Kerusakan pipa, HP <i>case compressor</i> rusak	2B	Menyediakan <i>low pressure alarm</i> , Segera matikan HP <i>compressor</i>
	Temperatur	<i>More</i>	Pipa pecah	<i>Overpressure</i> dari hulu <i>block valve</i> karena ekspansi gas yang disebabkan oleh peningkatan temperatur	Kerusakan pipa HP <i>case compressor</i> rusak	2B	Menyediakan <i>high temperature alarm</i> , Segera matikan HP <i>compressor</i>
		<i>Less</i>	Proses produksi terganggu, kegagalan sistem	Penurunan tekanan dalam pipa, perbedaan sangat ekstrim dengan suhu lingkungan	HP <i>case compressor</i> rusak	2B	Menyediakan <i>low temperature alarm</i> , Segera matikan HP <i>compressor</i>

Tabel 6.4 Penentuan Risiko

Severity	Probability
1. Catastrophic	A. Frequent
2. Critical	B. Probable
3. Marginal	C. Occasional
4. Negligible	D. Remote
	E. Improbable

6.4 Variabel – variabel Pemicu Ledakan pada Pipa

6.4.1 Sifat Hidrogen

Hidrogen bersifat sangat mudah terbakar (*highly flammable*) karena memiliki selisih LEL (4%) dan UEL (75,6%) yang tinggi yakni sekitar 71,6%, sehingga kemungkinan untuk terbakar dalam situasi tertentu akan menjadi lebih besar. Hidrogen empat belas kali lebih ringan dari udara dan tidak dapat dideteksi oleh indera manusia karena karakteristiknya yang tidak berwarna dan tidak berbau. Kondisi ini dapat menjadi sangat berbahaya bila terjadi pelepasan gas hidrogen ke udara karena gas hidrogen dapat menyebar dengan cepat dan dapat terbakar oleh sumber ignisi sekecil apapun.

6.4.2 Sifat Bahan Material Pipa

Bahan material pipa gas hidrogen dari PGRU (*Purge Gas Recovery Unit*) terbuat dari karbon. Pada temperatur yang tinggi (200 °C), karbon dapat bereaksi dengan hidrogen dan menghasilkan metana (CH₄) dengan molekul yang lebih besar. Hal ini dapat mengurangi kerapatan bahan material pipa dan menjadikannya cepat rapuh. Dengan demikian, kekuatan pipa pun menjadi berkurang dari semestinya sehingga kemungkinan terjadinya kebocoran yang diakibatkan oleh kerusakan pipa menjadi semakin besar.

6.4.3 Tekanan dan Temperatur

Besar temperatur pipa A dari PGRU (*Purge Gas Recovery Unit*) adalah sekitar 39°C. Pada temperatur tersebut, tidak terjadi proses penggetasan hidrogen karena temperatur minimal yang mendukung terjadinya proses penggetasan adalah sebesar 200 °C.

Tekanan pipa A dari PGRU (*Purge Gas Recovery Unit*) adalah 65 kg/cm² atau setara dengan 924,5 psia. Tekanan ini diatur oleh sebuah *control valve* yang dapat menaikkan atau menurunkan besar tekanan dalam pipa. Sedikit kerusakan pada *control valve* dapat mempengaruhi besar tekanan dalam pipa. Jika kerusakan tersebut meningkatkan tekanan dalam pipa

secara signifikan, maka dapat dipastikan pipa tersebut akan pecah (*rupture*) karena tidak mampu menahan besarnya tekanan tersebut.

6.4.4 Sumber Ignisi

Energi ignisi minimal yang diperlukan untuk menyulut suatu bahan kimia bergantung pada jenis dan konsentrasi bahan kimia tersebut. Campuran stokiometri gas hidrogen dengan udara memiliki energi ignisi minimal yang sangat rendah yakni sebesar 0.017 mJ. Hal ini menjadikan gas hidrogen menjadi sangat sensitif untuk terignisi dibandingkan dengan gas atau vapor *flammable* lainnya. Panas permukaan, *spark*, api dan energi elektrostatik merupakan beberapa contoh sumber ignisi.

Lokasi PGRU (*Purge Gas Recovery Unit*) dikelilingi oleh banyak sumber panas (*boiler, primary dan secondary reformer, dan lainnya*) yang dapat menyulut hidrogen bila terlepas ke udara bebas. *Spark* dapat berasal dari *blitz* kamera maupun dari petir. Sedangkan energi elektrostatik dapat dihasilkan oleh alat elektronik seperti telepon genggam.

6.4.5 Pelepasan Gas Hidrogen

Molekul gas hidrogen merupakan yang terkecil diantara semua bahan kimia gas, sehingga bila terlepas, gas hidrogen dapat dengan mudah menyebar. Terlepasnya gas hidrogen ke udara sangat berbahaya karena berpotensi menimbulkan kebakaran dan ledakan.

Terlepasnya gas hidrogen dari pipa dapat disebabkan oleh rusaknya pipa (*rupture*) dan kebocoran (*leak*). Hasil pelepasan gas hidrogen (*hydrogen gas release*) tergantung pada jumlah material yang terlepas, kecukupan bercampur dengan udara dan penundaan ignisi.

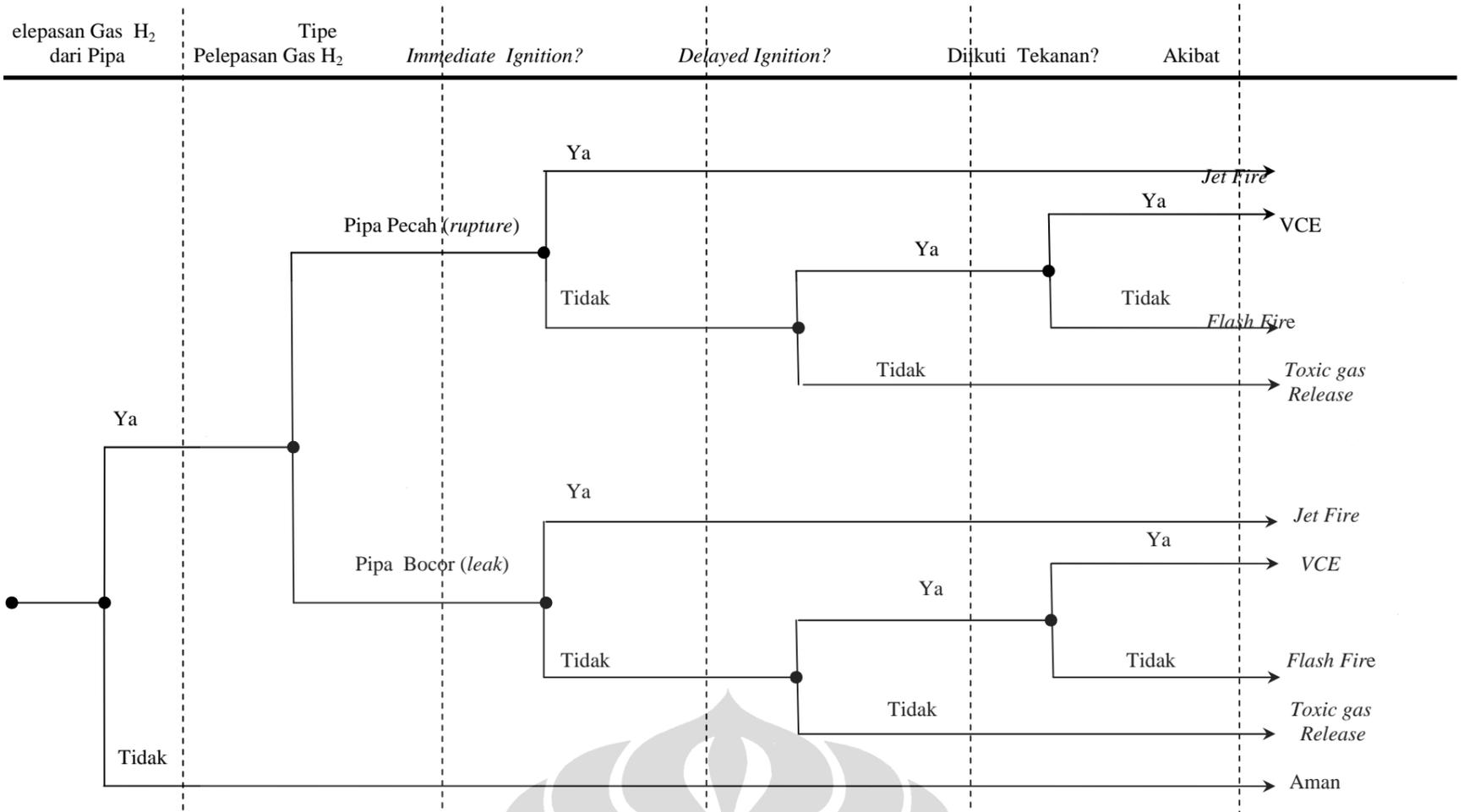
Berdasarkan analisis dengan menggunakan *event tree analysis* (ETA) atau analisis pohon kejadian. Maka peneliti mendapatkan empat kemungkinan *outcome* dari pelepasan gas hidrogen dari pipa yaitu *jet fire, flash fire, pelepasan gas beracun atau vapor cloud explosion*.

6.4.5.1 *Jet Fire*, terjadi bila gas hidrogen yang berada dalam rentang *flammability limit* terlepas dari pipa dan langsung terignisi oleh sumber ignisi terdekat.

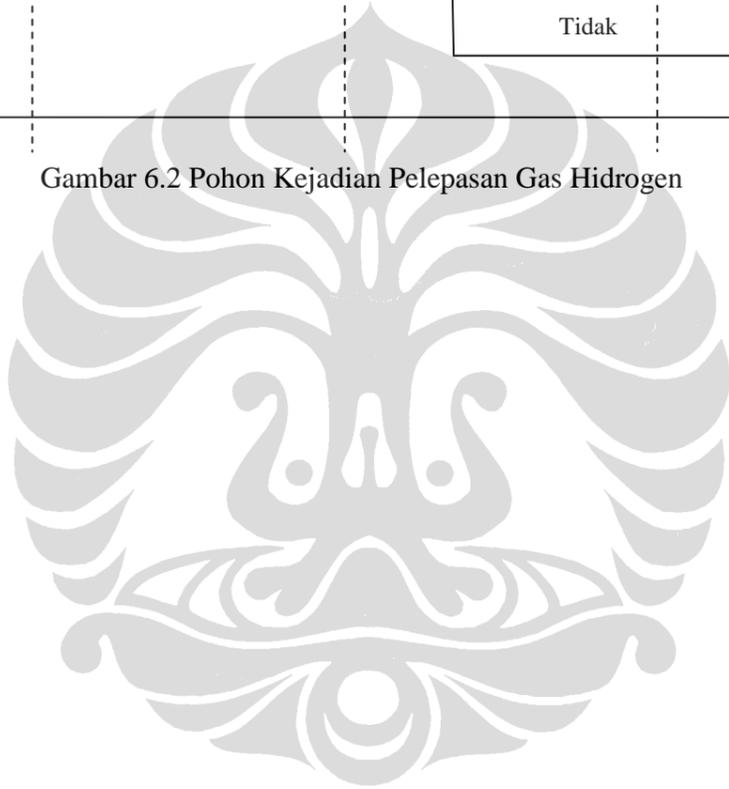
6.4.5.2 *Flash Fire*, terjadi bila gas hidrogen yang berada dalam rentang *flammability limit* terlepas dari pipa tetapi tidak segera terignisi dan mengalami penundaan hingga beberapa saat. Proses pembakaran atau perambatan lidah api (*flame propagation*) pada gas hidrogen tidak disertai dengan tekanan.

6.4.5.3 Pelepasan gas beracun, terjadi bila gas hidrogen yang terlepas dari pipa sama sekali tidak terignisi atau tidak berada dalam rentang *flammability limit*, sehingga yang terjadi hanyalah pelepasan gas hidrogen ke udara bebas. Gas hidrogen dapat menyebabkan *asphyxia* pada manusia.

6.4.5.4 *Vapor Cloud Explosion*, terjadi bila gas hidrogen yang berada dalam rentang *flammability limit* terlepas dari pipa tetapi tidak segera terignisi dan mengalami penundaan hingga beberapa saat. Proses pembakaran atau perambatan lidah api (*flame propagation*) pada gas hidrogen disertai dengan tekanan.



Gambar 6.2 Pohon Kejadian Pelepasan Gas Hidrogen



Universitas Indonesia

6.5 Hasil Pemodelan Ledakan dengan ALOHA

Hasil pemodelan ledakan dengan ALOHA baru dapat dilihat setelah semua data yang diperlukan dimasukkan ke dalam parameter *site data* dan *setup*. Parameter *site data* diisi dengan lokasi yang menjadi penelitian, sedangkan parameter *setup* diisi dengan data bahan kimia (*chemical data*), data atmosferik (*atmospheric data*) dan data sumber (*source data*).

Setelah semua data yang diperlukan sudah dimasukkan, hasil pemodelan ledakan dapat dilihat pada *display* yang menggambarkan *Overpressure (Blast Force) Threat Zone*. Rincian data yang telah dimasukkan juga ditampilkan dalam *Text Summary*.

6.5.1 Text Summary ALOHA

Text Summary ALOHA dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

6.5.1.1 Site Data

Site Data merupakan lokasi yang dijadikan sebagai obyek penelitian, yakni PT Pupuk Kujang Cikampek. Beberapa data yang perlu dimasukkan meliputi koordinat dan elevasi lokasi yang diperoleh melalui pengukuran dengan menggunakan *Global Positioning System* (GPS). Koordinat yang diperoleh adalah 6.24.15 S dan 107.25.36 E dengan elevasi setinggi 68 meter atau 223 kaki di atas permukaan tanah.

Peneliti memasukkan sembarang tipe bangunan karena hal tersebut tidak mempengaruhi hasil proyeksi *threat zone* ledakan. Tipe bangunan berpengaruh pada pemodelan kebocoran kimia karena tipe bangunan dapat menentukan perubahan angin.

Peneliti juga tidak menentukan waktu dengan spesifik dan menggunakan waktu sesuai dengan waktu pada komputer atau dengan kata lain waktu dapat berubah kapan pun tergantung pada penggunaan ALOHA pada komputer tersebut. Ketika peneliti mengoperasikan ALOHA untuk mendapatkan *threat zone* ledakan, waktu pada komputer menunjukkan pukul 09.37 dan kestabilan

atmosfer yang diperoleh (ditentukan otomatis oleh ALOHA) adalah tingkat D.

6.5.1.2 Set Up

➤ *Chemical data*

Sesuai dengan tujuan penelitian ini, maka peneliti memilih hidrogen dari *chemical library* ALOHA. Dengan demikian dapat diketahui properti kimia hidrogen sebagai berikut:

Berat Molekul: 2.02 g/mol	Titik Didih Lingkungan :
TEEL-1: 145000 ppm	-252,8 °C
TEEL-2: 280000 ppm	Titik Beku : -259.2° C
TEEL-3: 500000 ppm	Tekanan uap pada temperatur
LEL: 40000 ppm	lingkungan : > 1 atm
UEL: 750000 ppm	
<i>Ambient Saturation Concentration:</i> 1.000.000 ppm atau 100 %	

➤ *Atmospheric data*

Data atmosferik yang diinput berdasarkan data sekunder dan pengukuran di lokasi penelitian, antara lain:

Temperatur Udara : 34⁰C

Stability Class : D

Kecepatan Angin : 3 m/s (pada ketinggian 3 m)

Kelembaban relatif : 75%

➤ *Source strength*

Data *source* yang diinput berdasarkan data sekunder dan pengukuran di PT Pupuk Kujang, antara lain:

Panjang Pipa : 20 meter

Diameter Pipa : 3 inch

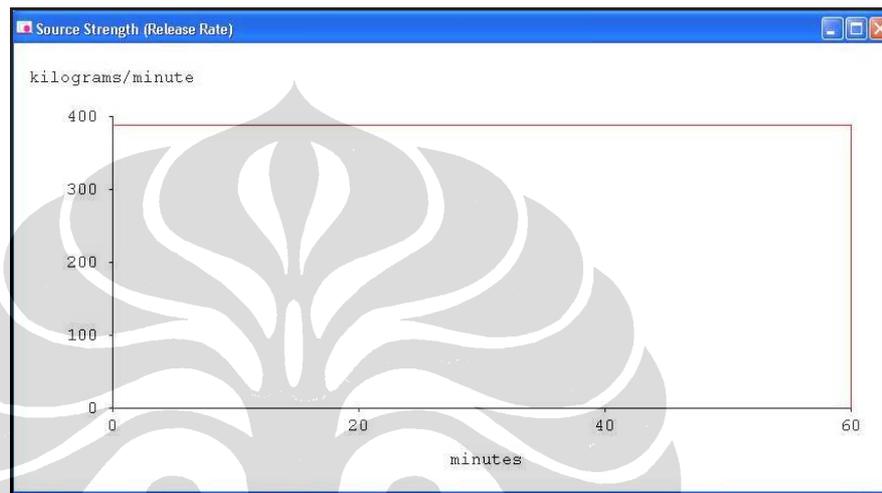
Temperatur dalam Pipa : 39 °C

Tekanan dalam Pipa : 65 kg/cm² atau 924,5173 psia
 Pipa terhubung dengan *infinite source (compressor)*

Informasi baru yang didapat setelah data tersebut diinput adalah sebagai berikut:

Release rate : 388 kg/menit

Jumlah total yang dilepaskan : 23.267 kg



Gambar 6.3 *Source strength (Release rate)*

Sumber : Piranti Lunak ALOHA

6.5.1.3 Threat Zone

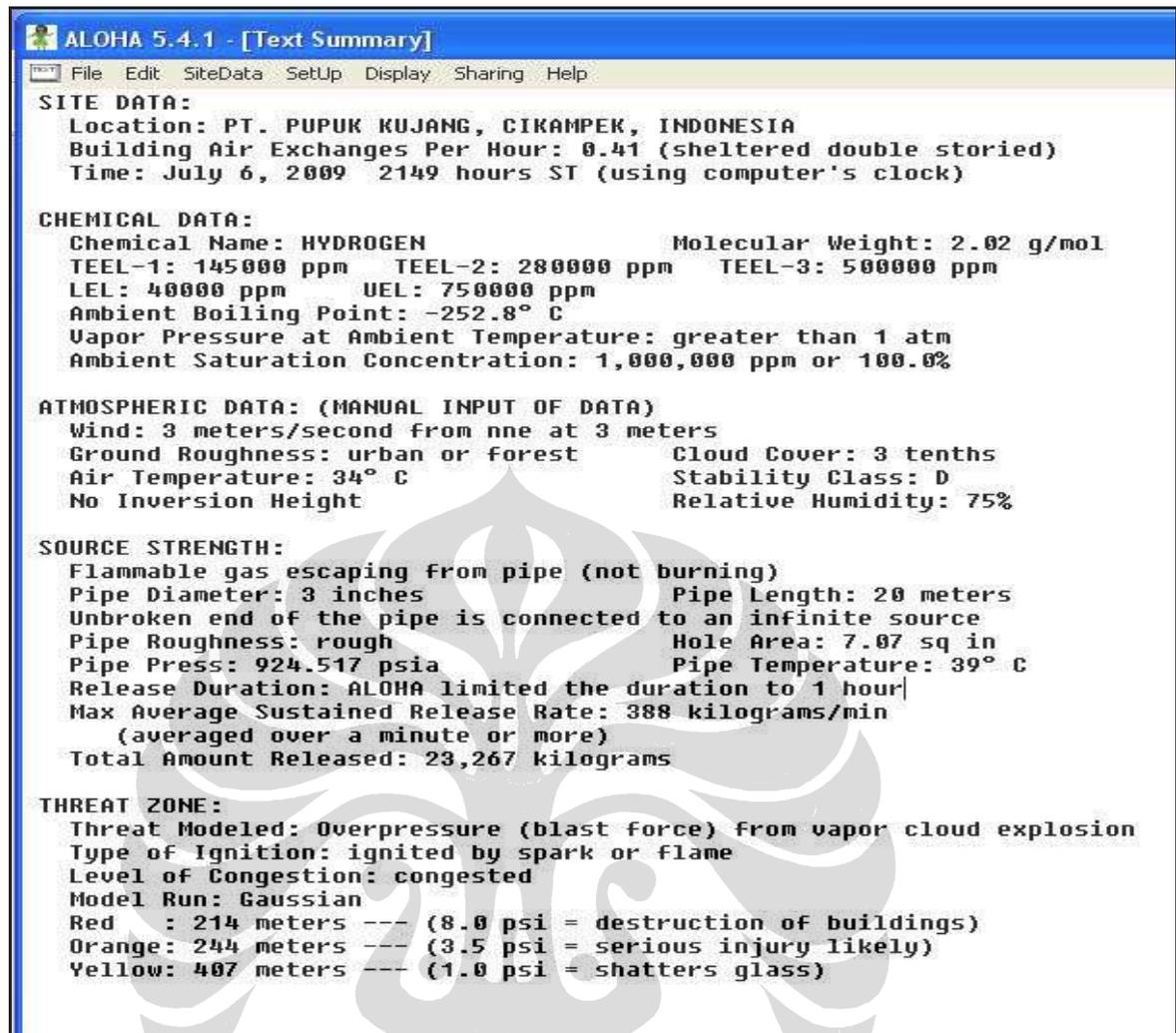
Pemodelan : *Overpressure (Blast Force)* dari *vapor cloud explosion*

Jenis Ignisi : terignisi oleh *spark* atau *flame*

Merah : 214 meters --- (8.0 psi) = menghancurkan gedung

Oranye : 244 meters --- (3.5 psi) = menimbulkan cedera berat

Kuning : 407 meters --- (1.0 psi) = memecahkan kaca



Gambar 6.4 Text Summary ALOHA

Sumber : Piranti Lunak ALOHA

6.5.2. Overpressure (Blast Force) Threat Zone

6.5.2.1 Area Merah (red zone)

Area merah adalah daerah yang berisiko terkena *overpressure* bila terjadi ledakan sebesar 8 psi. Menurut *Level of Concern* (LOC) ALOHA, ledakan dengan tekanan sebesar 8 psi dapat menghancurkan gedung atau bangunan. Berdasarkan hasil pemodelan ALOHA, radius area merah adalah 214 meter dari pusat ledakan, yaitu pipa gas hidrogen A. Dengan demikian, luas area merah dapat ditentukan, yaitu sebesar 143.930 m².

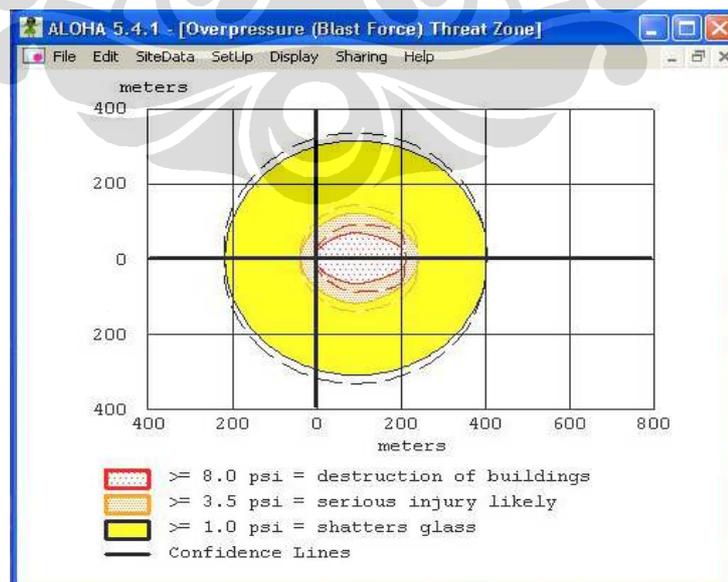
6.5.2.2 Area Oranye (*orange zone*)

Area oranye adalah daerah yang berisiko terkena *overpressure* bila terjadi ledakan sebesar 3,5 psi. Menurut *Level of Concern* (LOC) ALOHA, ledakan dengan tekanan sebesar 3,5 psi dapat menyebabkan cedera serius. Berdasarkan hasil pemodelan ALOHA, radius area oranye adalah 244 meter dari pusat ledakan, yaitu pipa gas hidrogen A. Dengan demikian, luas area oranye dapat ditentukan, yaitu sebesar 187.113 m².

6.5.2.3 Area Kuning (*yellow zone*)

Area kuning adalah daerah yang berisiko terkena *overpressure* bila terjadi ledakan sebesar 1 psi. Menurut *Level of Concern* (LOC) ALOHA, ledakan dengan tekanan sebesar 1 psi dapat memecahkan kaca. Berdasarkan hasil pemodelan ALOHA, radius area kuning adalah 407 meter dari pusat ledakan, yaitu pipa gas hidrogen A. Dengan demikian, luas area kuning dapat ditentukan, yaitu sebesar 520.611 m².

Berikut adalah visualisasi dari efek pemodelan *Overpressure* (*Blast Force*) *Threat Zone*:



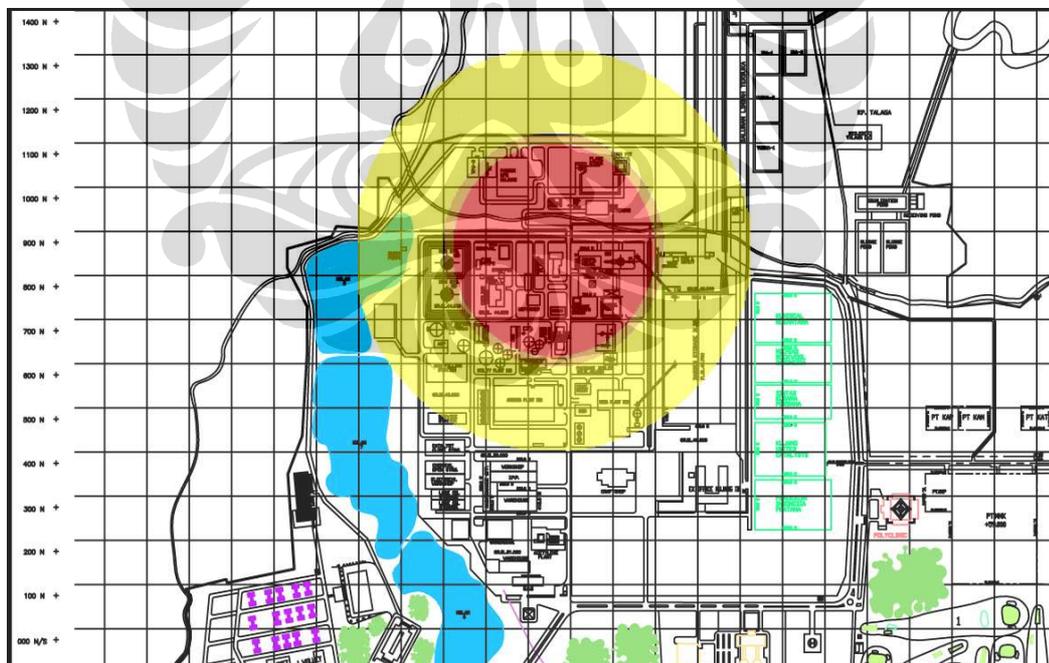
Gambar 6.5 *Overpressure* (*Blast Force*) *Threat Zone*

Sumber : Piranti Lunak ALOHA



Gambar 6.6 Proyeksi dengan *Google Earth* (diolah kembali)

Sumber : www.googleearth.com



Gambar 6.7 Proyeksi pada Peta Kawasan Industri Kujang Cikampek
(diolah kembali)

Sumber : Biro Rancang Bangun PT Pupuk Kujang Cikampek (2009)

6.5.3 Area Berisiko

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan ALOHA, radius terjauh ledakan adalah sebesar 407 m. Dengan demikian luas area berisiko mencapai 520.611 m². Area ini meliputi hampir seluruh bagian pabrik, baik pabrik K-IA maupun pabrik I-B. Selain kedua pabrik tersebut, pabrik NPK Kujang yang merupakan anak perusahaan PT Pupuk Kujang juga termasuk kedalam area berisiko. Unit yang dipastikan hancur adalah unit – unit yang termasuk ke dalam area merah, yakni Pabrik NPK Kujang, unit amonia, unit urea & unit utiliti K-IA. gedung *control room* amonia K-IA dan gedung *control room* unit utiliti K-IA.

Orang – orang yang berisiko terkena dampak ledakan adalah mereka yang berada dalam area berisiko. Diantaranya adalah pekerja pabrik, pegawai KPK, mahasiswa yang sedang kerja praktik dan satpam. Peneliti tidak dapat menentukan secara pasti berapa jumlah pekerja yang biasa berada dalam pabrik karena banyak yang keluar masuk pabrik. Namun, berdasarkan data yang diperoleh dari Biro Sumber Daya Manusia, jumlah pekerja yang bekerja di pabrik mencapai 500 orang.

6.6 Prosedur singkat Keadaan Gawat Darurat di PT Pupuk Kujang Cikampek

6.6.1 Keadaan Darurat

Keadaan darurat didefinisikan sebagai keadaan yang membahayakan manusia disekitar instalasi dimana perlu penanganan khusus dan tidak dapat ditangani secara biasa oleh personel yang ada.

6.6.2 Pabrik dinyatakan dalam keadaan darurat apabila:

- a. Terjadi bocoran amonia dalam jumlah yang besar
- b. Terjadi kebakaran atau ledakan pada salah satu unit pabrik

6.6.3 Evakuasi

Sebuah proses meninggalkan tempat dari lokasi kejadian ke tempat yang dianggap cukup aman untuk menyelamatkan diri dari ancaman bahaya.

6.6.4 Tanda Keadaan Darurat

Tanda keadaan darurat berupa bunyi sirine, adapun bunyi sirine tersebut adalah sebagai berikut:

- Tingkat I : bunyi sirine naik turun dengan periode 2x15 detik, selang waktu satu menit sebanyak tiga kali.
- Tingkat II : bunyi sirine naik turun dengan periode 6x15 detik, selang waktu satu menit sebanyak tiga kali.
- Tingkat III : bunyi sirine naik turun dengan periode tiap 15 detik, selama 15 menit
- Tingkat IV : bunyi sirine monoton (keadaan aman selama 60 detik)

6.6.5 Hal – hal yang harus dilakukan

- Perhatikan arah angin, dapat dilihat dari petunjuk arah angin (*wind direction*) yang ada disekitar tempat upacara.
- Bila tercium bau amonia, tutuplah hidung atau mulut dengan saputangan atau tisu basah atau dengan alat pelindung yang tersedia dan bernafaslah seperti biasa.
- Bergeraklah menuju arah yang menjauhi sumber atau tidak searah dengan arah angin.
- Segera masuk ke dalam kendaraan dan aktifkan *air conditioning* (AC) serta tutup jendela dengan rapat.
- Ikuti petunjuk para petugas.

6.7 Gambaran Sistem Detektor Gas dan Sistem Alarm di PT Pupuk Kujang Cikampek

PT Pupuk Kujang Cikampek memiliki dua pabrik utama, yaitu Pabrik Kujang I-A dan Pabrik Kujang I-B yang berada dalam satu lokasi. Pabrik Kujang I-A sama sekali tidak memiliki detektor gas sedangkan Pabrik Kujang I-B memiliki lima buah detektor gas di area *reformer* dan hampir disetiap tempat yang memiliki kandungan gas eksplosif.

Pabrik Kujang I-A tidak memiliki sistem alarm untuk kebocoran bahan kimia, khususnya alarm untuk kebocoran gas. Sehingga jika terjadi kebocoran gas eksplosif di area tersebut, akibatnya fatal. Satu – satunya alarm yang terdapat pada Pabrik Kujang I-A hanyalah alarm untuk kebakaran, itu pun harus dinyalakan secara manual.

Pabrik Kujang I-B memiliki sistem alarm untuk kebocoran bahan kimia yang terhubung langsung dengan *central control building* Kujang I-B terintegrasi dengan gas detektor dan sistem komputer, sehingga bila terjadi kebocoran, sistem komputer akan secara otomatis melakukan *interlock* dan mencegah kejadian yang dapat berakibat fatal. Sayangnya, alarm otomatis tersebut hanya terdapat dalam *central control building* Kujang I-B, sementara alarm pada area pabrik harus dinyalakan secara manual oleh operator yang berada di lapangan. Selain itu, tidak ada perbedaan warna lampu pada alarm, alarm untuk kebakaran dan kebocoran sama – sama berwarna merah. Hal ini dapat mempengaruhi kecepatan operator dalam merespon kejadian tersebut.

Selain itu, PT Pupuk Kujang Cikampek juga belum memasukkan kebocoran bahan kimia (selain amonia) dan penanganannya dalam prosedur keadaan darurat.

